

차세대 지능형 전파감시 시스템

정회원 임현석*, 문진호**, 김경석*

Next-Generation Intelligent Radio Monitoring System

Hyun-seok Yim*, Jin-ho Moon**, Kyung-seok Kim* *Regular Members*

요 약

통신 산업의 급격한 발달로 통신서비스의 종류가 다양해지고 전파사용이 증가함에 따라 이전의 전파감시 시스템을 대체할 효율적이고, 지능화된 전파감시 시스템의 개발이 필요하게 되었다. 차세대 지능형 전파감시 시스템은 ITU-R, 무선설비규칙 및 전파법을 근간으로 하여 V/UHF대역의 On-Air 상의 아날로그 및 디지털신호에 대해 스펙트럼분석을 통한 채널전력과 주파수편차 및 편이, 점유대역폭(99% 또는 x-dB)을 정확하고 효율적으로 전파측정할 수 있도록 개발되었다. 시스템의 주요 기능은 전파품질측정, 불요파(스푸리어스, 고조파)측정, 고속스펙트럼측정, 주파수이용효율조사, 불법전파탐사, 운용감시이고, 본 논문에서는 차세대 지능형 전파감시 시스템의 주요기능 중 전파품질측정, 고속스펙트럼측정에 대해 기술한다.

Key Words : Radio Monitoring System, Radio Quality Measurement, High-Speed Spectrum Measurement

ABSTRACT

With rapid development of communication industry, the kinds of communication service vary. According to the increasing use of radio waves, the intelligent and effective radio monitoring system needs to be developed, which is replaced for previous radio monitoring system. Next-generation intelligent radio monitoring system based on ITU-R, Rule of wireless facilities, and Radio Waves Act is used, and which can accurately and effectively function as effective radio monitoring system through spectrum analysis of channel power, frequency deviation, offset, and an occupied frequency bandwidth(99% or x-dB), about the analog and digital signal in On-Air of V/UHF bandwidth. Main function of the system has an radio quality measurement, unwanted electromagnetic signals (spurious, harmonic) measurement, high-speed spectrum measurement, frequency usage efficiency investigation, illegal radio exploration, working monitoring, In this paper, we proposes radio quality measurement, high-speed spectrum measurement of next-generation intelligent radio monitoring system.

I. 서 론

통신 산업의 급격한 발달로 인해 통신서비스의 종류가 다양해지고 있으며 전파사용의 대중화, 새로운 주파수대의 기술개발과 무선통신분야의 기술혁신으로 전파사용이 급격히 증가했다. 이러한 전파사용의 증가에 따라 불법무선국이나 불요전

파, 무선국의 증대, 시스템의 다양화 및 통신방식의 고도화로 전파환경이 변화하고 있다. 따라서 전파이용 및 통신서비스의 질적 수준을 유지할 수 있도록 스펙트럼분석을 통한 정확한 전파품질 측정과 효율적으로 전파감시를 할 수 있는 지능화된 전파감시 시스템이 필요하게 되었다.

기존 전파감시 시스템은 스펙트럼분석을 통한

* 충북대학교 전파공학과 차세대전파시스템연구실(happyim@adeng.com, kseokkim@cbnu.ac.kr)

** 에이앤디엔지니어링(주) 전파사업부(jhmoon@adeng.com)

논문번호 : KICS2008-03-115, 접수일자 : 2008년 3월 4일, 최종논문접수일자 : 2008년 7월 28일

감시업무를 할 수가 없었으므로 전파품질측정에서의 점유대역폭측정 및 광대역 주파수측정, 불요파측정, 고속스펙트럼측정 업무는 불가능하였고 주파수이용효율조사업무 또한 실질적으로 수행할 수 없었다. 이러한 단점을 보완하고자 차세대 지능형 전파감시 시스템은 위에서 언급한 측정기능 및 감시업무를 수행할 수 있도록 개발되었으며 감시좌석의 무인화가 가능하도록 지능화된 감시업무, 예를 들어 예약측정 및 자동결과저장 등의 효율적인 전파감시 업무기능을 구현하였다. II장에서는 기존 전파감시 시스템의 구성내용 및 전파감시업무의 현 상태에 대하여 기술하고 III장에서는 차세대 지능형 전파감시 시스템의 구성내용, 품질측정에 사용된 계산식 및 순서도에 대하여 기술하고 IV장에서는 기존시스템과 차세대 전파감시 시스템의 감시업무 결과 및 비교측정결과에 대하여 기술한다. 마지막으로 차세대 지능형 전파감시 시스템의 사용으로 개선된 내용에 대하여 V장에서 언급하고 본 논문을 마무리 한다.

II. 기존 전파감시 시스템

기존 전파감시 시스템은 (그림 1)과 같이 주로 Schlumberger社의 Minilock장비를 주축으로 구성되어 있었고, 일부 감시국소에서는 Rohde & Schwartz 社의 ESN 장비를 사용하고 있었다. 품질측정 시스템인 Minilock과 운용감시 시스템인 Master/ Slave 수신기 및 기타 주변기기로 구성되어 있었다.

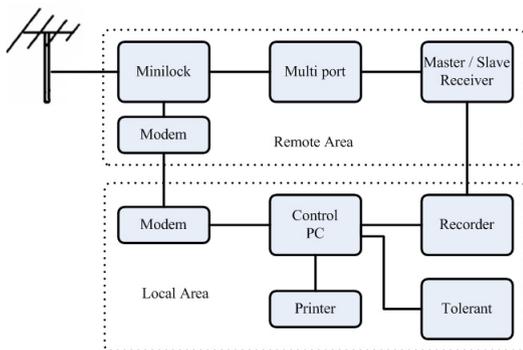


그림 1. 기존 전파감시 시스템(Minilock/Master.Slave) 구성도

2.1 전파품질측정 처리과정

전파품질측정의 위규적발 및 처리과정을 살펴보면 안테나로 수신된 전파는 Minilock과 Master / Slave 수신기에 의해 음성이 복조되고 음성신호

및 품질감시 데이터는 공중망 전용회선을 통해 제어PC에 전달된다. 회선을 통해 전달된 음성은 녹음장치에 녹음되고 품질감시결과 데이터는 프린터를 통해 출력되며 동시에 주전산기인 TOLERANT에 저장한다. Minilock에서 포착된 주파수에 대한 주파수 편차, 편이, 신호레벨, 시간, 위규형태, Amplitude Modulation (AM)의 경우 변조율 등이 출력되고 운용자는 품질감시결과 출력물과 음성을 동시에 판독하여 위규형태를 검토해야 하며 위규값 산출은 시설자가 규명되었을 경우 무선국 국종, 전파형식 및 대역폭과 주파수 등을 확인하여 무선설비규칙 제 3, 4조 및 기타 관련 근거에 의거하여 별도로 계산하여야 했다.^[4]

2.2 기존 전파감시 시스템의 문제점

Minilock 장비는 AM / FM / Φ M 변조된 아날로그 신호들을 측정할 수 있고, 빠른 AD컨버터(20 μ s)의 도움으로 아날로그신호를 추출하여 디지털로 저장할 수 있다. 또한 여러 종류의 필터를 내장하여 신호에 대한 정보를 얻기 위해 사용한다.

전파품질측정에서 필요대역폭을 계산하는 공식에 따라 주파수 편이값을 측정하고, Carson의 공식을 이용하여 대역폭을 구하는 간접적인 측정방식을 택하고 있으며, 최대 주파수 편차의 R.M.S 값을 측정하여 점유 대역폭을 결정하므로 실제의 대역폭을 측정한 값이 아니기 때문에 측정값으로서의 의미보다는 추정값에 가깝다는 문제점을 안고 있다. 또한 TV방송의 전체 할당 대역은 6 MHz이다. 이중에서 음성부분은 극히 작은 부분이고 영상부분의 신호는 광대역 신호여서 최대 IF 대역폭이 250KHz인 Minilock이나 ESN 장비로는 측정이 불가능하다는 문제점을 안고 있었다.^[4]

따라서 기존 전파감시 시스템이 안고 있는 여러 문제점을 해결하고자 Minilock 장비를 스펙트럼 분석기로 대체하고 측정데이터의 자동저장 및 분석을 위하여 컴퓨터로 제어 및 처리할 수 있도록 시스템을 구성할 필요성이 제기되었으며 스펙트럼 분석기는 DSP 기술을 이용한 디지털 분석기가 필수적이므로 DSP를 이용한 디지털 분석기능의 연구개발과 전파감시업무에 맞는 차세대 전파감시 시스템의 구성 및 관련 프로그램을 개발하였다.

III. 차세대 지능형 전파감시 시스템

차세대 지능형 전파감시 시스템은 20MHz 에서

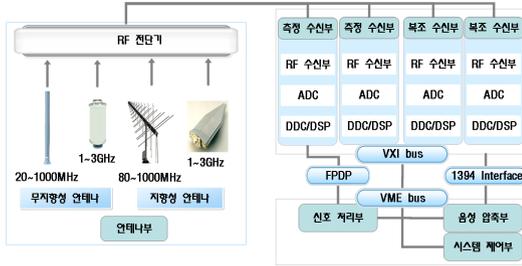


그림 2. 차세대 지능형 전파감시 시스템 구성도

3GHz 내의 허가된 이동통신기지국, FM 라디오 방송국, CDMA, DMB 등 On-Air 상의 아날로그 및 디지털신호에 대한 새로운 전파품질 평가 기준인 채널전력(Channel Power)과 주파수 편차 및 편이, 점유대역폭(99%), 점유대역폭(x-dB)을 스펙트럼 분석을 통한 정확하고 효율적인 측정방법을 구현하였으며 이는 SDR(Software Define Radio) 기술을 바탕으로 설계되었고 일반수신기를 프로그램 알고리즘을 통해 스펙트럼분석장비의 기능을 구현하여 향후 프로그램 업그레이드만으로 하드웨어 교체 없이 다양한 측정기능 구현이 가능하며 향후 비용절감 효과와 동일 측정 수신부로 광대역 / 협대역 신호처리가 가능한 유연한 구조로 설계되었다.

시스템구성은 (그림 2)와 같이 안테나부에서 수신된 신호는 측정 수신기부와 복조수신부에서 RF 수신부를 통하여 ADC(Analog to Digital Converter)를 수행하고 DDC(Digital Down Converter)에서 sin, cos mixer를 거쳐 디지털 필터 계수가 적용된 디지털 IQ Data (In-phase, Quadrature-phase)로 변환되면 FPDP(Front Panel Data Port)를 통하여 신호처리부에 전달된다.

3.1 전파품질측정

전파품질측정은 전파법 제49조(전파감시) 및 전파감시 업무지침 제3조 제2항 제2호를 근거로 무선국에서 발사되는 전파에 대한 주파수 편차, 편이 및 점유대역폭(99%), 점유대역폭(x-dB), 채널 전력, 전계강도 및 AM(Amplitude Modulation)의 경우 변조도 등을 스펙트럼분석을 통한 측정결과를 구할 수 있도록 구현하였으며 하나의 주파수를 측정하는 직접측정과 채널(최대 1000개)을 동시에 측정할 수 있는 채널측정이 있고, 지향성안테나를 활용하여 특정주파수의 최적의 수신방향을 알아내어 전파품질측정에 활용하기 위한 최대

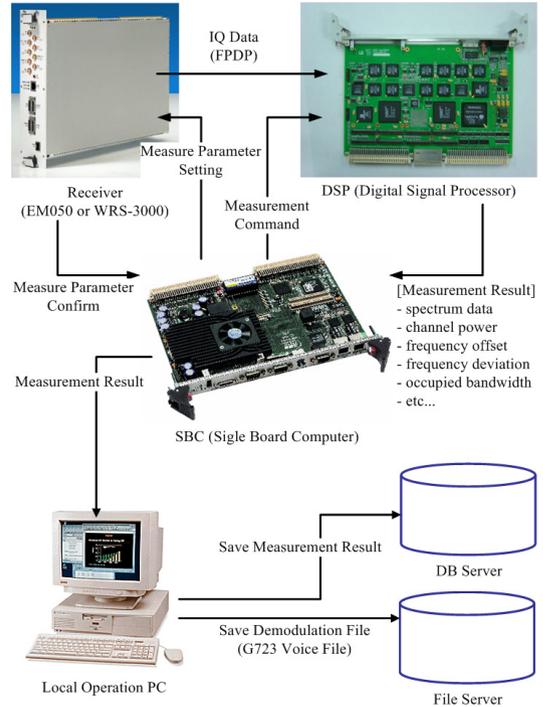


그림 3. 차세대 지능형 전파감시 시스템 데이터 흐름도

수신방위각측정이 있다. 시스템의 측정 데이터는 (그림 3)과 같이 IQ Data는 신호처리부인 DSP에서 FFT(Fast Fourier Transform) 프로세싱을 수행하여 스펙트럼 데이터를 생성하고 측정결과는 로컬 운용 PC에 전달되고 데이터베이스와 파일서버에 각각 저장된다.

3.2 전파품질측정에 사용된 계산식

전파품질측정에서 주파수편차는 (1)식에 의해 위상을 추출하고 (2)식에 의해 위상곡선에 근접한 기울기를 구하여 (3)식을 이용하여 주파수편차를 구한다.

$$\theta(k) = \tan^{-1} \left\{ \frac{Q(k)}{I(k)} \right\} \tag{1}$$

$$a = \frac{N \sum_{k=1}^N t(k)\theta(k) - \sum_{k=1}^N t(k) \sum_{k=1}^N \theta(k)}{\sum_{k=1}^N t^2(k)N - \left(\sum_{k=1}^N t(k) \right)^2} \tag{2}$$

$$f_{offset} = \frac{a}{2\pi} \tag{3}$$

주파수편이는 (4)식에 의해 위상미분을 한 후 (5)식에 의해 주파수편차값을 뺀 값중 최대값을

구한다.

$$f(k) = \frac{\omega(k)}{2\pi} = \frac{d}{dt} \hat{\theta}(k) \quad (4)$$

$$\Delta f = \max|f(k) - f_{offset}| \quad (5)$$

Amplitude Modulation의 경우는 (6)식에 의해 각 샘플의 크기를 구한 후 최대, 최소값을 계산한 후 (7)식에 의해 변조도를 구한다.

$$E(k) = \sqrt{Q^2(k) + I^2(k)} \quad (6)$$

$$m(\%) = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \times 100 \quad (7)$$

점유대역폭은 99%법과 x-dB법으로 구분되며 99%법으로 구하는 경우에는 (8)식에 의해 ITU-R 권고안에 따라 $Z=0.99$, $\beta/2(\%)=0.5\%$ 를 기준으로 구하며, x-dB법으로 구하는 경우에는 0dB를 기준으로 x-dB 낮은 지점이 포함되는 대역을 점유대역폭으로 정한다.

$$\int_{-B}^B |X(\omega)|^2 d\omega = \frac{Z}{100} \int_{-\infty}^{\infty} |X(\omega)|^2 d\omega \quad (8)$$

3.3 전파품질측정 순서도

(그림 4)와 같이 측정에 관련된 파라미터를 품질 측정제어데몬이 받은 후 측정수신기를 제어하는 과정과 수신된 신호를 측정수신기는 IQ데이터 형태로 DSP에 전송하고 DSP는 FFT처리하여 스펙트럼 데이터와 측정결과를 생성하는 과정을 보여준다.

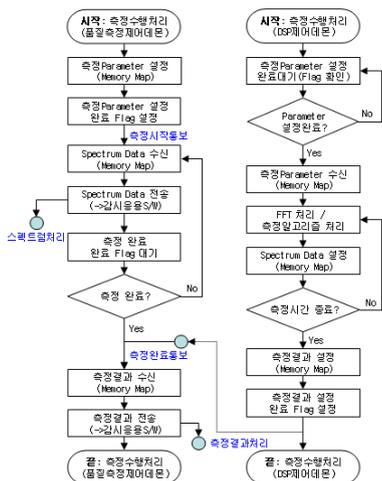


그림 4. 품질측정시 측정수신기와 DSP 제어 순서도

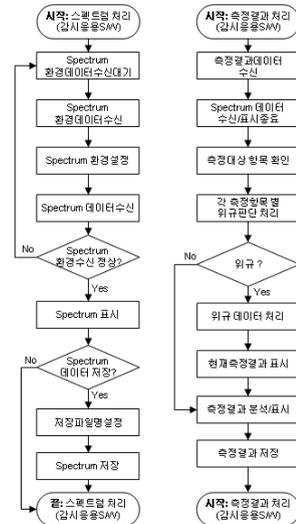


그림 5. 품질측정결과 및 스펙트럼 처리 순서도

(그림 5)는 임계레벨 이상의 신호가 검출된 경우에 실시간 수신되는 스펙트럼과 측정결과를 표시하고 측정결과를 데이터베이스에 저장하는 과정을 보여준다.

3.4 고속스펙트럼측정

고속스펙트럼측정은 차세대 지능형 전파감시 시스템에 적용된 수신기가 할당할 수 있는 최대 대역폭이 10MHz이므로 한번에 10MHz씩 정해진 대역만큼 반복하여 스펙트럼데이터를 구하여 광대역의 고속스펙트럼측정이 가능하도록 구현하였으며 10 KHz의 분해능 (Resolution Bandwidth)에 1회 Sweep 하는데 10초이내, 최대 10만개의 스펙트럼 데이터를 실시간 저장하여 측정 후에 스펙트럼 데이터를 재생, 분석이 가능하도록 하였으며 고속스펙트럼측정으로 인하여 향후 전파환경조사의 기초 자료로 활용할 수 있게 되었으며 잡음조사를 수행할 수 있는 기본적인 측정이 가능하게 되었다.

IV. 차세대 지능형 전파감시 시스템 측정결과

차세대 지능형 전파감시 시스템으로 이동통신 기지국, FM 라디오 방송국, CDMA, DMB 등 On-Air 상의 아날로그 및 디지털신호에 대한 기존 전파감시 시스템과 차세대 지능형 전파감시 시스템의 전파품질측정 결과 비교와 고속스펙트럼측정의 결과인 스펙트럼파일을 분석하여 전파환경조사, 전파잡음조사 및 전파 점유율 분석결과

표 1. SG(Signal Generator) 설정 파라미터

Item	Value
주파수	250 MHz
입력레벨	70 dB μ V
변조	5 KHz
변조형식	FM

표 2. 전파품질 비교 측정 결과

	도입시스템	기존시스템
편이	4.95 KHz	5.08 KHz
수신레벨	42 dB μ V	42.5 dB μ V

에 대하여 기술한다.

(표 1)과 같이 신호발생기에서 입력신호를 만들어 간이안테나를 통해 차세대 지능형 전파감시 시스템 과 기존 전파감시 시스템(Minilock)의 수신안테나로 수신한 신호를 측정 한 결과 (표 2)와 같이 차세대 지능형 전파감시 시스템의 측정결과에서 편이값의 오차가 적은 것이 확인되었다.

(그림 6, 7)은 107.7MHz FM방송을 전파품질측정의 결과로써 기존 전파감시 시스템에서는 볼 수가 없었던 스펙트럼과 스펙트로그램의 실시간 도시 화면으로 파일형태로 저장이 되어 재생하여 분석이 가능하다.

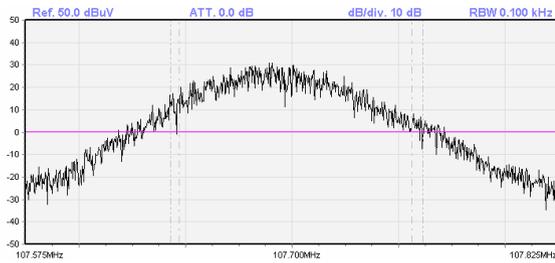


그림 6. 전파품질측정 스펙트럼 결과

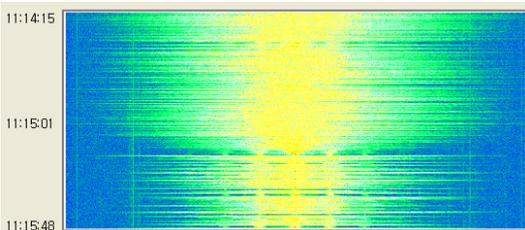


그림 7. 전파품질측정 스펙트로그램 결과

표 3. 고속스펙트럼측정 파라미터

Item	Value
시작주파수	20 MHz
종료주파수	1050 MHz
분해능(RBW)	10KHz
채널검출모드	FAST
DSP Window Type	Hanning
FFT Detect Mode	Pos-Peak

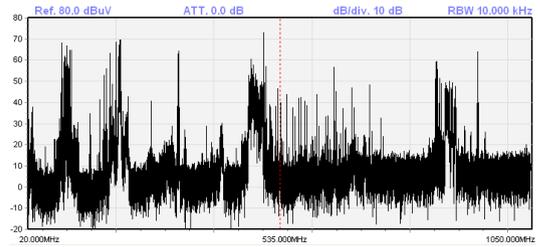


그림 8. 고속스펙트럼측정의 스펙트럼 표시화면

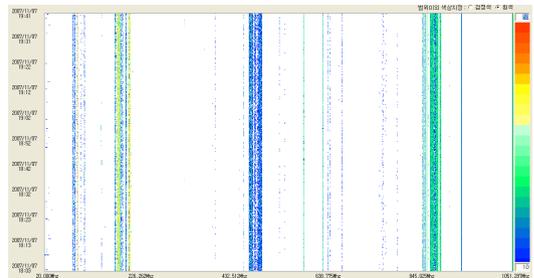


그림 9. 전파환경조사 및 전파잡음조사 분석화면

(표 3)은 고속스펙트럼측정에 적용된 주요 파라미터이고, (그림 8, 9)는 20MHz에서 1050MHz까지 고속스펙트럼측정의 결과로써 실시간 스펙트럼파형을 저장하고 스펙트럼 확대, 축소 및 최대 5개까지 멀티마커를 사용하여 광대역을 실시간으로 세밀하게 분석할 수 있으며, 측정 후 저장된 스펙트럼파일은 전파환경조사 및 전파잡음을 분석하는데 사용된다. 기존전파감시시스템은 해당측정을 수행할 수 없으므로 비교데이터는 기술하지 않았다.

V. 결 론

20MHz 에서 3GHz 내에 허가된 이동통신기국, FM 라디오 방송국, CDMA, DMB 등 On-Air 상의 아날로그 및 디지털신호에 대한 새로운 전파

품질 평가 기준인 채널전력과 주파수편차 및 편이, 점유대역폭(99% 또는 x-dB)을 스펙트럼 분석을 통한 보다 정확하고 효율적인 측정기능을 구현함으로써 기존의 전파감시 시스템으로는 불가능하였던 광대역(10MHz)의 스펙트럼 실시간도시와 전파품질측정이 가능하게 되었고 1GHz대역을 10KHz 분해능(Resolution Bandwidth)으로 1회 스캔시 최대 10만개의 스펙트럼 데이터를 생성할 수 있는 고속 스펙트럼 측정기능을 구현함으로써 국내의 전파환경 및 전파잡음분석이 가능하게 되었고, 국내의 할당주파수를 효율적으로 관리, 감독 할 수 있음은 물론 측정결과와 분석 및 통계처리가 가능해짐으로써 국내 전파관리의 기본적인 정책을 집행하는데 필요한 통계자료를 생성할 수 있게 되었다는 것은 국내 전파감시, 관리 분야의 획기적인 변화 및 발전에 기여하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] Draft Recommendation ITU-R, 2004.
- [2] Handbook Spectrum Monitoring, 2002.
- [3] 전파법시행규칙 정보통신부령 제136호, 개정2002. 12. 16.
- [4] “전파품질 측정방법 연구” 최종 보고서, 전파연구소 한국통신학회, 1997.
- [5] 전파품질 측정기준에 관한 연구, 한국전자통신연구원, 2001.
- [6] 전기통신사업용 무선설비의 기술기준, 전파연구소고시 제2005-24호, 2005. 3. 18.
- [7] 방송·해상·항공·전기통신사업용 외의 기타업무용 무선설비의 기술기준, 전파연구소고시 제 2005-25호, 2005. 3. 18.

임 현 석 (Hyun-seok Yim)

정회원



1998년 2월 한남대학교 컴퓨터공학과 졸업

2005년 9월~현재 에이앤디엔지니어링(주) 전파사업부 책임연구원

2007년 3월~현재 충북대학교 전파공학과 석사과정

<관심분야> 전파감시, 전파방향탐지, 전파수신기, 무선설비 기술기준, SDR, Cognitive Radio

문 진 호 (Jin-ho Moon)

정회원



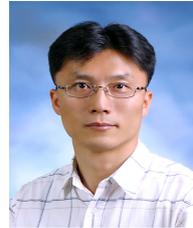
2003년 2월 동의대학교 컴퓨터공학과 졸업

2006년 2월~현재 에이앤디엔지니어링(주) 전파사업부 전임연구원

<관심분야> 전파감시, 전파방향탐지, 전파수신기, 무선설비 기술기준

김 경 석 (Kyung-seok Kim)

정회원



1989년 1월~1998년 12월 한국전자통신연구원 선임연구원

1999년 1월~2002년 3월 Univ. of Surrey(영국) 전기전자공학과 대학원 졸업 (공학박사)

2002년 2월~2004년 8월 한국전자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원

2004년 9월~2005년 2월 전북대학교 생체정보공학부 전임강사

2006년 3월~현재 충북대학교 정보통신공학과 조교수

<관심분야> 전파감시, SDR, Cognitive Radio, MIMO-OFDM, UWB